

国産小麦粉を使用したパンの特性および外国産小麦粉ブレンドによる製パン性の改善

吉野世美子

The Bread-making Quality of the Domestic Flour and Improvement in the Quality of the Bread by Blending with Foreign-made Flour

Yomiko Yoshino

The bread-making quality of four domestic flours, Haruyutaka, Naibaku, Nishihonami and Nourin-61 were compared with foreign-made flour, Utamaro. In addition, the improvement of the bread-making quality through the Utamaro blending was tested. In Japan, Haruyutaka and Naibaku are semi-strong flours and Nishihonami and Nourin-61 are representative middle-strong flours. The results were as follows: (1) The specific volume of Haruyutaka and Naibaku showed equivalent value to Utamaro. However the specific volume of Nishihonami and Nourin-61 showed a bigger value than that of Utamaro. The crumb texture of these two flours were rough and there were large bubbles. (2) It was proven that the domestic flours, Nishihonami and Nourin-61 with poor bread-making quality could be improved by 50% blending the foreign-made flour Utamaro.

(Received September 19, 2006)

1. はじめに

わが国における小麦の生産量は少なく、平成 16 年度の生産量は 86 万トン（農林水産省：作物統計による）であったのに対し、輸入はおよそ 500 万トン（総合食料局資料）で、80%以上を輸入に頼っている。一方、平成 16 年度の小麦粉の生産量はおよそ 500 万トンで（総合食料局；製粉工場実態調査による）、輸入量とほぼ同量の小麦が小麦粉に加工されていることになる。その内訳はパン用が 40%、麺用が 33%、菓子用が 12%、家庭用 3%、その他が 12%であり、大部分がパンと麺に使用されている。パン調製に適するたんぱく質含量の多い硬質小麦は寒冷地で育つことから、国内での生産は難しく生産量も限られている。また国産のパン用小麦粉の品質は外国産に比較して劣り、価格も高いため、ほとんどのパンは輸入された小麦粉で作られているといって過言ではない。しかし近年、残留農薬の危険性に関する

知識が広まり、ポストハーベスト農薬を使用していない国産の小麦粉を使ったパンが消費者から求められるようになってきた。また、小麦は米に代わる重要な土地利用型作物であるので育種も盛んで、近年は新品種の温暖地向けの硬質小麦であるニシノカオリ（農林 146 号、平成 11 年登録）やミナミノカオリ（農林 160 号、平成 15 年登録）が登録されている。また、北海道で奨励品種に採用されたキタノカオリ（農林 158 号、平成 14 年登録）はパン用、中華麺用として期待されている品種である。Hung ら¹⁾が国産のキタノカオリとハルユタカの製パン性を市販のカメリア（強力粉）と比較した結果ではキタノヒカリは体積が大きくやわらかいという結果が得られたが、ハルユタカでは最も体積が小さく硬いという結果であった。国産のパン用の小麦粉は種類も生産量もわずかであり、研究例も少ないのが現状である^{2,3)}。そこで、本研究では国産小麦粉の利用拡大を目的に、国産のパン用小麦 2 種に加えて、麺用として古くから栽培されているが、いまだに関東、東海、近畿では圧倒的に生産量の多い農林 61 号と平

成 7 年度登録の比較的新しい品種のニシホナミ（農林 144 号）を用いてその製パン性を検討した。

II. 実験方法

1. 使用した小麦の種類と特性

国産小麦であるパン用のハルユタカ、パン用内麦粉（北海道冬小麦 50%とハルユタカ 50%のブレンドに小麦たんぱく質を 1%添加したもの：Naibaku）、主として麺用に用いられるニシホナミ（Nishihonami）、農林 61 号（Nourin61）の 4 種類と外麦のうたまる（外国産ブレンド：Utamaro）と Canada Western Red Spring No. 1（1 CW）の 2 種類を用いた。これらの小麦粉の特性を表 1 に示した。

2. パンの調製法

基本の材料配合：製パン実験は粉を 100%とし、粉に対してグルコース（和光純薬工業）3%、ショートニング（雪印）2.0%、食塩（NaCl、和光純薬工業）1.8%、ドライイースト（顆粒状カメライースト、日清製粉）1.0%、脱イオン水 70%を基準の配合比とした。

粉の吸水率の測定：ファリノグラフ（Blabender Inc., Germany）を用いて AACC 法⁴⁾に従って行った。

工程：攪拌後の生地が 30°C 以下になるように材料を約 4°C に冷やし、粉 500g で配合した生地およそ 889g を一回のミキシングの量とし、パンミキサー（エムケー精工株式会社：KN-61）を用いて室温で 30 分間攪拌した。生地が発酵温度（インキュベーター内の温度）に到達する時間は、練りあがり後の生地の温度に依存するので、一次発酵（35°C）の時間を変化させることで膨化を一定になるよう調整することにした。予備実験の結果から、練りあがり後の生地の温度が 27°C の時の一次発酵の時間は 80 分、28°C では 70 分、29°C では 60 分に決定した。一次発酵後にパンチを行い、二次発酵（35°C）を 30 分行い、77g ずつ 10 個に分割、丸めの後ベンチタイム（35°C）を 20 分とり、成型した。パ

ン型は底面が約 10×5×高さ 5cm、上面は約 11×5cm の AACC 法のテストベーキング用⁵⁾を用いた。ホイロ（最終発酵）は 35°C で 70 分行い、精密オーブン（ヤマト製：DF-61）で 210°C で 25 分焼成した。

3. 測定項目と測定法

前述の方法で調製したパンを 30 分放冷後、スライサー（富士島工機製：soft-90）で 2cm の厚さに 5 枚に切断後、中央部 3 枚を用いて比容積、水分含量、テクスチャー（硬さ、弾力性）、組織の観察、ハンター白度、糊化度の測定に供した。測定結果を焼成パン 30 個の平均値と標準偏差で示した。

①比容積；重量、体積（菜種法⁶⁾）の結果から算出した。

②水分含量；電子水分計（チョウバランス製：PD-300WMB）を用い、細片試料 2g を 3cm 四方のアルミ箔に広げ、105°C 下で測定した。

③テクスチャー；

a. 硬さ；レオメーター（不動製：NRM2010J-CW）を用い、測定結果をレコーダー（理化電気工業製：卓上型 R-22 型）で記録した。測定条件は直径 2cm の変形付与用アダプターを用い、2cm の厚さに切断したパンの中央部の 1 枚をカッターで縦 3cm×横 3cm×厚さ 2cm に切り取り、試料台の運動距離 3cm、移動速度 6cm/min、クリアランス 4mm として瞬間自動反転で同一個所の抵抗を 2 度測定した。硬さはプランジャーで試料に最初に力を加えたときの抵抗力の最大値 H をチャートから読み取り、次式で求めた。

硬さ (g) = H × 入力電力

b. 弾力性；前述の硬さ測定時のチャート紙の最初のピークの高さを H₁ とし、瞬間自動反転後の第 2 ピークの高さを H₂ として次式で表した。

弾力性 (%) = H₂/H₁ × 100

④組織の観察；パンの中央部をスライサーで厚さ 2 cm の幅で縦断し、断面コピーをした。

⑤ハンター白度；レオメーター用に切り取ったパン

表 1 Properties of trial flour

Sample	Source	Miller	Protein (%)	Ash (%)	Moisture (%)
Utamaro	Foreign blend	Torigoe	11.7	0.38	13.2
1CW	Canada	Miyake	12.0	0.36	14.8
Haruyutaka	Hokkaido	Torigoe	12.3	0.48	12.9
Naibaku	Hokkaido	Torigoe	11.8	0.44	12.9
Nishihonami	Fukuoka	Torigoe	8.0	0.37	12.0
Nourin-61	Shiga	Miyake	6.7	0.35	13.9

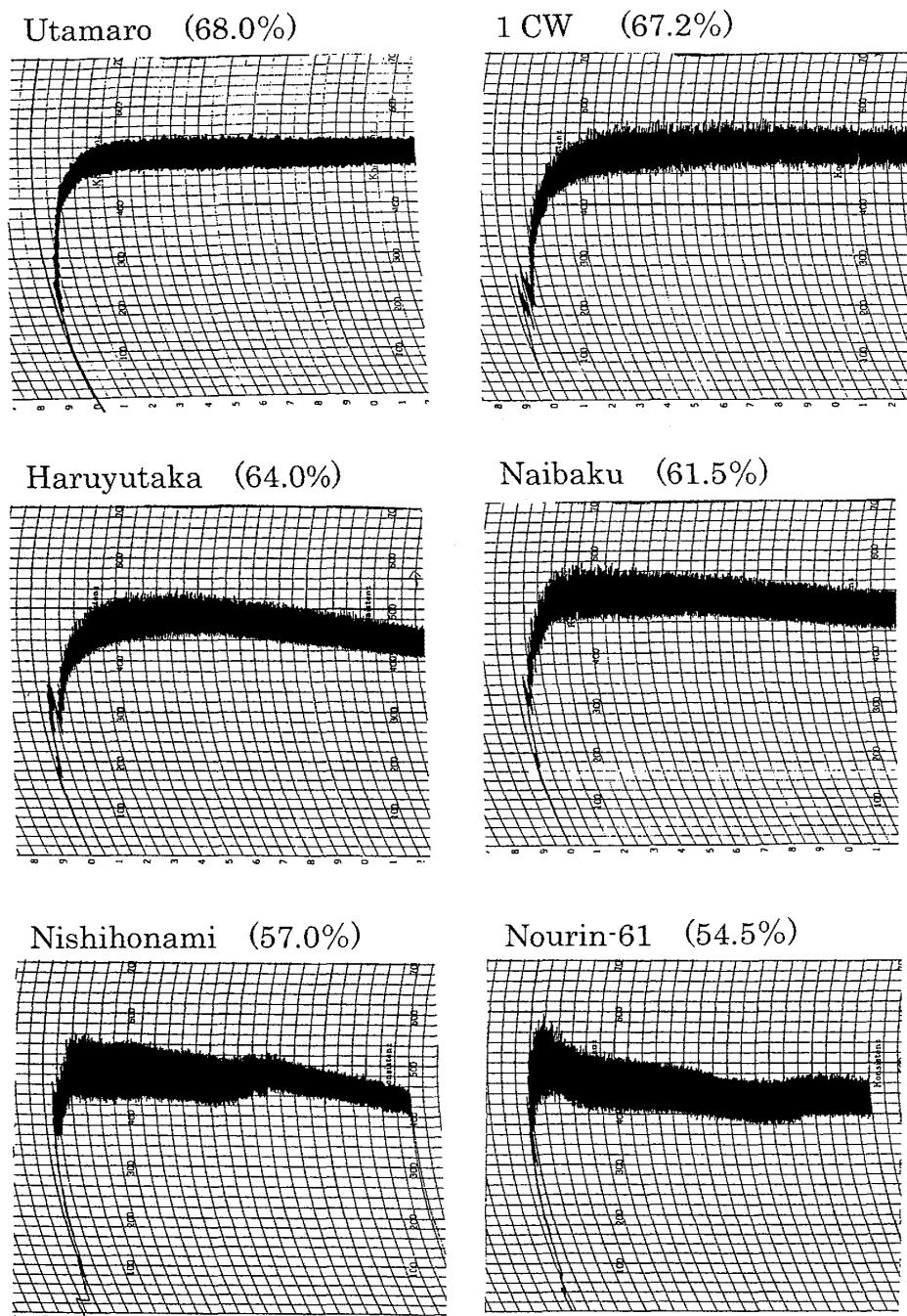


図 1 Farinogram and percentage of water absorption

の内相（縦 3cm×横 3cm×厚さ 2cm）のハンター白度を色差計（日本電色工業株式会社製：ND-504AA）で測定した。

⑥糊化；BAP 法⁷⁾を用いた。

Ⅲ. 結果と考察

1. 使用した粉の吸水率（ファリノグラフの結果）

使用した粉のファリノグラムと吸水率の測定結果を図 1 に示した。吸水率はうたまろ 68.0%，1CW

67.2%，ハルユタカ 64.0%，パン用内麦粉 61.5%，ニシホナミ 57.0%，農林 61 号 54.5%であった。ファリノグラムは，うたまろ，1CW では強い粘りと弾力性のあるパン用に特有の生地の特徴が見られた。ハルユタカとパン用内麦粉でも同様のパターンを示したが，ニシホナミと農林 61 号ではたんぱく質含量の少ない麺用に特徴的なパターン，すなわち攪拌後の急激な弾力性の低下が見られた。

表 2 Properties of bread at 70% water addition

Sample	Specific Volume (cm ³ /g)	Firmness (g)	Elasticity (%)	Whiteness (%)	Moisture (%)	Gelatinization degree* (%)
Utamaro	4.64±0.08	454±48	92.8±0.9	67.8±1.5	43.2±0.5	65.0±0.1
1CW	4.74±0.07	454±50	92.9±0.9	69.2±1.0	43.8±0.6	65.5±0.2
Haruyutaka	4.78±0.09	409±21	92.9±0.9	68.9±1.2	43.2±0.4	65.1±0.2
Naibaku	4.72±0.07	446±45	92.0±0.9	65.5±1.2	43.5±0.6	65.8±0.2
Nishihonami	4.98±0.22	378±61	89.6±1.4	64.2±1.8	43.4±0.2	64.6±0.3
Nourin-61	4.91±0.20	394±114	88.7±1.2	63.7±1.1	43.6±0.5	63.3±0.4

List of mean values and SD of thirty samples except gelatinization degree.

* List of mean values and SD of ten samples.

2. 基本の材料配合における製パン実験およびファリノグラムの吸水率を加水量とした製パン実験の結果

それぞれの粉を 100%として、基本の材料配合でパンを調製し、その性状を比較した結果を表 2 に示した。加水量を基本の 70%とするとニシホナミと農林 61 号ではパン用の小麦粉に比較してパンの比容積が大きく、硬さが柔らかく、弾力性が低下した。クラムの白度はいずれのパンでも高く、顕著な差は見られなかったが、ニシホナミと農林 61 号ではクラストが褐色に色付かず他のパン用小麦粉で調製したパンとは異なった結果が得られた。また、パンの断面を観察した結果、ニシホナミと農林 61 号では膨化が著しいためスポンジ層のきめは荒く、大きな気泡が見られた (図 2-A)。糊化度には顕著な差は見られなかった。これら麵用 2 種の小麦は生地調製時 (ミキシング後) のべたつきも大きかったので、加水量をファリノグラムの吸水率まで下げてパンを調製し、その結果を表 3 に示した。ファリノグラムでの吸水率でパンを調製するとニシホナミはコントロールのうたまろに比較してパンの比容積はやや小さくなった。農林 61 号では比容積はさらに小さくなったため硬さが非常に硬く、弾力性が低下したが、ニシホナミはうたまろに比較して硬さは柔らかく、弾力性は同程度を示した。国産のパン用小麦 2 種 (ハルユタカ、パン用内麦粉) では、比容積、硬さ、弾力性のいずれもうたまろと同程度かそれよりもよい結果が得られた。水分の結果は加水量が少なくなるとともに低くなる傾向がみられた。糊化度と白度はいずれにおいても顕著な差は見られなかった。パンの断面を観察した結果、ニシホナミと農林 61 号のスポンジ層は改善され、きめは細かく均一になった (図 2-B)。

3. 国産小麦粉 50%とうたまろ 50%をブレンドした粉を用いた製パン実験

材料の配合は基本とし、ブレンドした粉の吸水率をファリノグラフで測定し、その値を加水量として製パン実験を行った結果を表 4 に示した。ニシホナミはうたまろを 50%添加することにより比容積が改善され、うたまろと同程度になった。また、農林 61 号においても比容積、硬さ、弾力性が改善され、うたまろ 100%と同程度になった。パンの断面を観察した結果、いずれのパンにおいてもコントロールと同様の均一できめ細かいスポンジ層を形成した (図 2-C)。

Hayashi ら⁸⁾は国産の小麦粉を酢酸ガスで処理すると、高さ、比容積などの製パン性が改善されることを示しているが、国産の小麦粉に高たんぱく質含量の外国産小麦粉をブレンドすることにより製パン性を向上させるという研究例は少なく、わずかに山内ら^{2,3,9)}の研究があるのみである。一般に、製パン性、特に比容積や硬さ、弾力性に影響を与えているのは粉の持つたんぱく質含量と考えられており、本研究結果でもたんぱく質含量の少なかったニシホナミと農林 61 号単独では製パン性は劣るという結果であった。しかし、Hung ら¹⁾の研究では、超強力粉で最もたんぱく質含量の多かったグレンリー (15.8%) とブルースカイ (15.6%) で調製したパンはキタノカオリ (11.0%) よりも製パン性が劣るという逆の結果が得られた。その理由として、Hung ら¹⁾は小麦の生育環境や収穫条件が小麦の品質に大きく影響するのではないかと示唆している。Hung ら¹⁾の研究結果ではハルユタカのパンの膨化が最も低かったが、この時のハルユタカのたんぱく質含量は 9.7%と極端に低いので、これはたんぱく質含量に対応した結果とも考えられる。本実験で用いたハルユタカのた

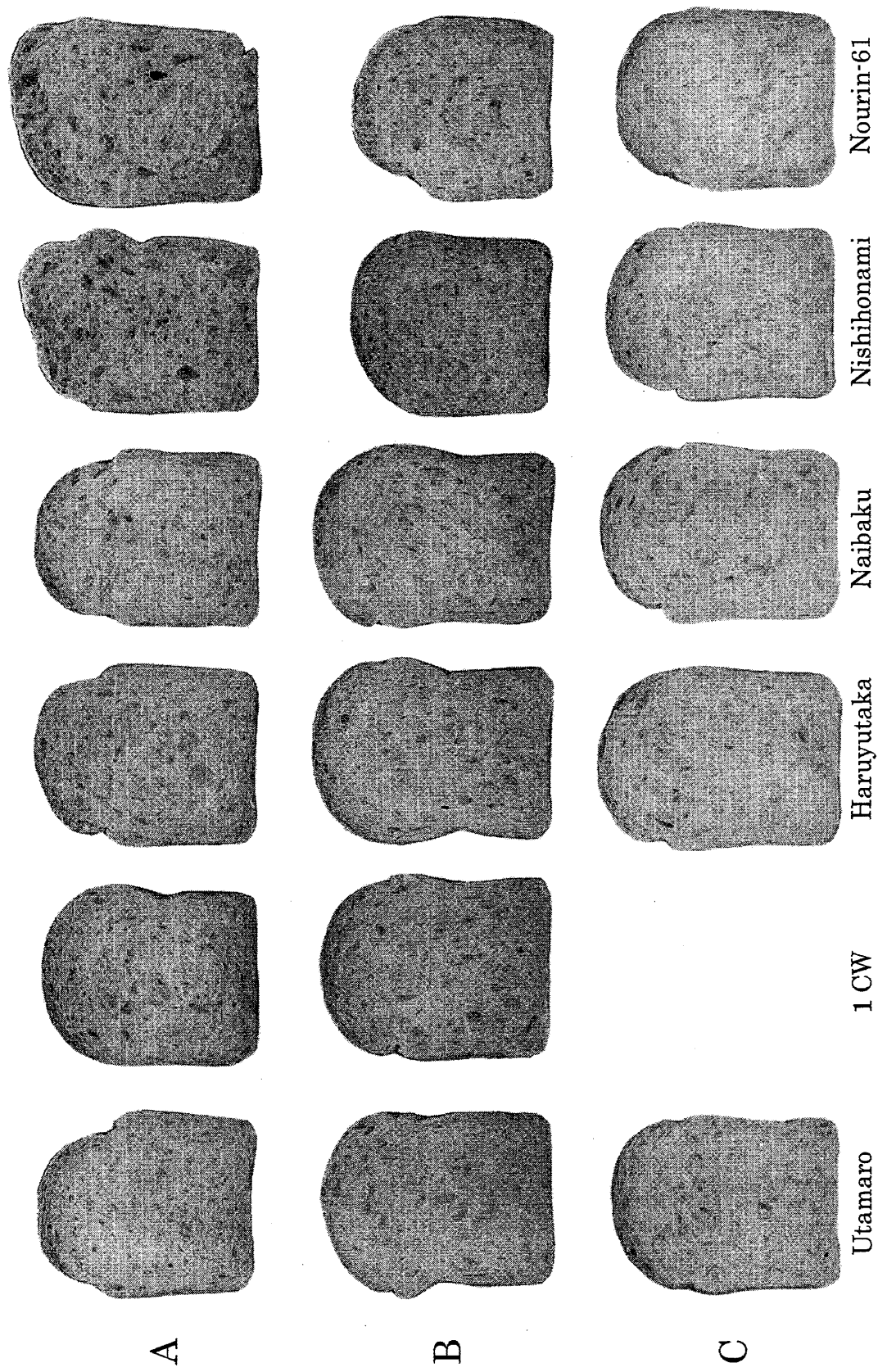


図 2 Cross-sectional views of the breadcrumbs
A: 70% water addition to the dough
B: Water addition of Farinograph's water absorption
C: Each flour sample was blended with 50% Utamaro

表 3 Properties of bread at water addition of Farinograph's water absorption

Sample	Farinograph* Water absorption (%)	Specific Volume (cm ³ /g)	Firmness (g)	Elasticity (%)	Whiteness (%)	Moisture (%)	Gelatinization degree** (%)
Utamaro	68.0	4.48±0.09	462±15	93.2±0.8	70.4±8	42.7±0.4	65.0±0.1
1CW	67.2	4.52±0.05	457±14	93.2±0.6	70.0±1.8	42.6±0.3	64.9±0.2
Haruyutaka	64.0	4.82±0.07	403±13	92.9±1.0	68.8±1.1	42.3±0.4	64.3±0.2
Naibaku	61.5	4.82±0.19	402±41	93.8±1.1	66.7±1.4	41.5±0.3	64.2±0.3
Nishihonami	57.0	4.23±0.08	442±23	93.1±0.9	68.9±1.21	39.3±0.5	63.7±0.3
Nourin-61	54.5	4.07±0.07	774±71	88.1±0.8	68.9±0.9	38.8±0.6	63.9±0.4

List of mean values and SD of thirty samples except water absorption and gelatinization degree.

* List of mean values of three examinations.

** List of mean values and SD of ten samples.

表 4 Properties of bread made from blended flour

Sample	Farinograph* Water absorption (%)	Specific Volume (cm ³ /g)	Firmness (g)	Elasticity (%)	Whiteness (%)	Moisture (%)	Gelatinization degree** (%)
Utamaro	68.0	4.48±0.09	462±15	93.2±0.8	70.4±8	42.7±0.4	65.0±0.1
Haruyutaka	66.0	4.61±0.09	415±17	92.9±0.9	68.1±0.9	42.7±0.4	64.6±0.5
Naibaku	64.8	4.55±0.10	456±13	93.2±0.8	67.7±1.2	42.2±0.3	64.3±0.2
Nishihonami	64.0	4.50±0.09	451±12	92.6±1.0	68.4±0.2	41.2±0.4	64.6±0.2
Nourin-61	61.5	4.31±0.11	465±17	92.3±0.8	68.6±0.9	40.6±0.4	64.5±0.2

Each flour sample was blended with 50% Utamaro.

List of mean values and SD of thirty samples except water absorption and gelatinization degree.

* List of mean values of three examinations.

** List of mean values and SD of ten samples.

んぱく質含量は 12.3%で、うたまるや 1CW に匹敵するたんぱく質含量があり、非常に良好な結果が得られた。

小麦粉中のたんぱく質のうちグリアジン、グルテニンと製パン性の関係について多くの研究がなされてきたが、SDS 電気泳動法による小麦種子貯蔵たんぱく質の分析が可能になったことで、たんぱく質と製パン性の関係がより詳細に研究できるようになった。その結果、グルテニン中の高分子量グルテニン (HMWG) サブユニットが製パン性に関連していることがわかってきた¹⁰⁾。小麦粉中の HMWG サブユニットは第一同祖群染色体の長腕上の遺伝子 *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* によって支配されており、*Glu-A1* は 1, 2* サブユニットおよび nll を、*Glu-B1* は 7+9 や 17+18 などの多数のサブユニットを、*Glu-D1* は 2+12 や 5+10 などの数種類のサブユニットをコードしている¹¹⁻¹³⁾。Lawrence ら¹⁴⁾ は小麦が HMWG サブユニット 17+18 を持つと製パン性にプラスの効果があると報告した。しかし、高田ら¹⁵⁾ はセミハードク

ラス (セミストロング) に分類されるハルユタカの粉の性質を詳しく調べ、ハルユタカの製パン性との関係を考察した。その中でハルユタカでは HMWG サブユニットの構成は 1, 17+18, 2+12 であるが、17+18 の製パン性への寄与は小さく、むしろ破断力を高めて比容積に寄与する HMWG 以外のたんぱく組成、すなわち低分子量グルテニン (LMWG) が製パン性へプラスの効果をもたらしているのではないかと推察している。

本研究で用いた麵用のニシホナミ、農林 61 号のたんぱく質含量は低く、いわゆる中力粉であり、単独では製パン性は劣るが、外国産の強力粉 (パン用硬質小麦) を 50% 程度ブレンドすることにより外国産強力粉 100% のパンと遜色ないほどにまで製パン性が改善されることがわかった。

小麦粉の製パン性はたんぱく質含量のみならず、小麦の生育した土壌、水、気候などが複雑に関係しており、外国産の硬質小麦を日本に持って来て栽培したからといって同じ品質の小麦が得られるわけで

はないが、製パン性へ寄与するサブユニットのさらなる研究から日本国の風土にあった硬質小麦の育種が可能になるのではないかと考える。現時点ではまだ国産の硬質小麦の種類は少なく、製パン性を試験したデータは少ないが、今後、国産の良質な硬質小麦が得られれば、国産の硬質小麦 100% のパンを調製できるばかりでなく、国産の麺用小麦とのブレンドパンを調製できる可能性があり、国産小麦の有用な利用法になると考えられた。

IV. 要 約

本研究では、パン用の小麦粉であるハルユタカ、パン用内麦粉、麺用の中力粉であるニシホナミと農林 61 号の合計 4 種の国産小麦粉の製パン性を市販の外国産強力粉であるうたまろおよび 1CW と比較した。さらに 4 種の国産小麦と外国産のうたまろを 50% ずつブレンドして製パン性の改善を試みた。その結果、1) 国産のパン用小麦粉 2 種は単独でも製パン性は優れていたが、中力粉であるニシホナミと農林 61 号はやや製パン性が劣った。2) 国産小麦粉にうたまろを 50% ブレンドするとニシホナミ、農林 61 号の製パン性はうたまろ 100% と遜色ないまでに改善された。

V. 謝 辞

本研究の一部は平成 12 年度エリザベス・アーノルド富士財団による研究助成金によりなされた。また、鳥越製粉株式会社、三宅製粉株式会社からは貴重な試料を提供していただいた。関連各位に厚くお礼申し上げます。

(平成 18. 9. 19 受付)

VI. 文 献

- 1) P. V. Hung, T. Maeda, H. Yamaguchi and N. Morita: *J. Appl. Glycosci.*, 52, 15 (2005)
- 2) H. Yamauchi, T. Noda, C. Matsuura-Endo, Z. Nishio, K. Tanaka, T. Tabiki, K. Saito, Y. Oda, W. Funatsuki and N. Iriki: *Jpn. Assoc. Food Preserv. Sci.*, 29, 211 (2003)
- 3) H. Yamauchi, Z. Nishio, K. Takata, Y. Oda, K. Yamaki, N. Ishida and H. Miura: *Food Sci. Technol. Res.*, 7, 120 (2001)
- 4) AACC: Approved Method of the AACC, Method 08-01, Amer. Assoc. Cereal Chem. Inc., St. Paul, MN, USA (1995)
- 5) AACC: Approved Method of the AACC, Method 10-09, Amer. Assoc. Cereal Chem. Inc., St. Paul, MN, USA (1995)
- 6) E. J. Pyler: Baking Science and Technology Vol. II, Siebel Chicago, 892 (1973)
- 7) 中村道徳, 貝沼圭二編: 生物化学実験法 19 澱粉・関連糖質実験法, 学会出版センター, 東京, 190 (1989)
- 8) M. Hayashi and M. Seguchi: *Jpn. Soci. Food Sci. & Technol.*, 7, 195 (2001)
- 9) 山内宏昭, 高田兼則, 山木一史: 食品工業, 43, 31 (1999)
- 10) P. I. Payne, K. G. Corfield and J. A. Blackman: *Theor. Appl. Genet.*, 55, 153 (1979)
- 11) P. I. Payne, C. N. Law and E. E. Mudd: *Theor. Appl. Genet.*, 58, 113 (1980)
- 12) P. I. Payne, L. M. Holt and C. N. Law: *Theor. Appl. Genet.*, 60, 229 (1981)
- 13) P. I. Payne, L. M. Holt, A. J. Worland and C. N. Law: *Theor. Appl. Genet.*, 63, 129 (1982)
- 14) G. J. Lawrence, F. MacRitchie and C. W. Wringley: *J. Cereal Sci.*, 7, 109 (1988)
- 15) 高田兼則, 山内宏昭, 入来規雄, 桑原達雄: 育種学研究, 2, 11 (2000)